



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

---

# **Primer informe parcial: Diseño y construcción de un prototipo UAV para la vigilancia de personas**

**Jonathan Leonard Crespo Eslava**

**Sebastian Diaz Martinez**

**Esperanza Margarita Palacios Vargas**

**Carlos Andrés Terán Jiménez**

**Ing. Manuel Amézquita Pulido**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería  
Proyecto Aplicado de Ingeniería  
Bogotá, Colombia  
Febrero, 2017

## **RESUMEN**

En el siguiente informe exponemos detalladamente la definición de problema para el proyecto: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO UAV PARA LA VIGILANCIA DE PERSONAS. Este, tendrá capacidad de adaptarse a varios propósitos como la agricultura de precisión, vigilancia y servicio de encomienda (delivery).

De forma subsiguiente, desplegamos factores como los requerimientos del cliente, el planteamiento del problema y los subproblemas de diseño, y una descripción de las bases teóricas y principios de funcionamiento de modelos similares a este.

Mediante entrevista directa obtuvimos los requerimientos del cliente en áreas como la seguridad y desempeño del producto, entre otras. Realizamos también una comparación entre soluciones comerciales o en desarrollo, para obtener los valores de especificaciones técnicas (factores como la autonomía del dron, tiempo de vuelo, peso, etc.) y determinamos que los modelos que cumplen funciones de rastreo o vigilancia tienen un uso más personal con poca distancia de acción.

Además de ello, presentamos el análisis de la casa de la calidad y el método TRIZ, para observar las relaciones, ponderaciones y contradicciones entre parámetros de ingeniería del proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS

LISTADO DE TABLAS

SIMBOLOGÍA Y/O NOMENCLATURA EMPLEADA

INTRODUCCIÓN

1. Fundamentación y marco teórico
  - 1.1. ¿Que es un Dron/UAV?
  - 1.2. Historia de los UAVs
    - 1.2.1. Los globos Austriacos
    - 1.2.2. Primera guerra mundial
  - 1.3. Radiofrecuencia
    - 1.3.1. Telecomunicación por transceptor
  - 1.4. Sensores electroquímicos
  - 1.5. Tecnología GPS
  - 1.6. Motores eléctricos brushless
    - 1.6.1. Componentes
    - 1.6.2. Funcionamiento
    - 1.6.3. Factor KV
  - 1.7. Controladores
    - 1.7.1. ARDUINO
    - 1.7.2. Electronic Speed Controller (ESC)
2. Definición de la necesidad
3. Planteamiento del problema de diseño
  - 3.1. Subproblemas de diseño
4. Estudio preliminar de factibilidad
  - 4.1. Perfil del proyecto
  - 4.2. Análisis del mercado
  - 4.3. Estudio de impacto social
  - 4.4. Estudio de impacto ambiental
5. Presupuesto inicial estimado
6. Requerimientos del cliente
7. Estudio de la competencia (benchmarking)
8. Estado de la técnica
9. Valores objetivo de especificaciones de ingeniería
10. Desarrollo y análisis de resultados del QFD
11. Aplicación del método TRIZ
  - 11.1. Entorno de operación
  - 11.2. Parámetros
  - 11.3. Función positiva principal
  - 11.4. Efectos negativos
  - 11.5. Condición de idealidad
  - 11.6. Definición del problema en términos de contradicciones
  - 11.7. Identificación de principios de ingeniería en conflicto
  - 11.8. Principios de solución

Conclusiones y recomendaciones  
Referencias  
Anexos

## **LISTADO DE FIGURAS**

Figura 1. Ejemplo de sensor electroquímico para CO.

Figura 2. PARROT MAMBO.

Figura 3. PARROT BEBOP 2 REAL ESTATE ADVANCED EDITION

Figura 4. PARROT S.L.A.M.dunk.

Figura 5. PARROT SEQUOIA.

Figura 6. Kit desarmable para UAVs recreativos.

Figura 7. Sistema algorítmico de detección de catástrofes.

.

## **LISTADO DE TABLAS**

Tabla 1. Presupuesto inicial estimado para la realización del proyecto.

Tabla 2. Especificaciones técnicas, sus valores, tipo y valor de dificultad.

Tabla 3. Especificaciones del proyecto y sus respectivos pesos.

## **SIMBOLOGÍA Y/O NOMENCLATURA EMPLEADA**

**Aeromodelo:** Aeronave recreativa no tripulada de pequeño tamaño.

**AM:** Amplitud Modulada, técnica de comunicación electrónica que funciona mediante la variación de la amplitud de la señal que se envía.

**CA:** Corriente alterna.

**CC:** Corriente continua.

**Dron:** UAV.

**Factor kV:** Parámetro de control para motores brushless.

**UAV:** Vehículo Aéreo no Tripulado (del inglés *Unmanned Aerial Vehicle*).

**UCAV:** Vehículo de Combate Aéreo no Tripulado (del inglés *Unmanned Combat Aerial Vehicle*).

**RC:** Control Remoto (del inglés *Remote Control*).

**R/C:** Radiocontrol.

**TLV:** Número de líneas horizontales en la pantalla.

## INTRODUCCIÓN

Casi desde su existencia, el ser humano ha buscado relacionar todo aquello que posee o que puede resultarle útil. El uso de tecnologías de rastreo puede remontarse a los primeros años de evolución, cuando el seguimiento de posibles fuentes de alimento garantizaba la sostenibilidad de la comunidad. Más adelante, el uso del seguimiento se aplicó sobre objetivos humanos, y el seguimiento de grupos se volvió una fuente de información para las campañas militares.

En la actualidad, seguir objetivos se puede realizar sin mayor complicación cuando aquello que se requiere identificar simplemente se asocia con un dispositivo de geoposicionamiento satelital, disponible en muchos teléfonos móviles al alcance de muchas personas. Sin embargo, dada la demanda energética y la baja asequibilidad de este tipo de dispositivos, su uso es muy restringido.

Como respuesta, el análisis de otras alternativas de transmisión puede ser provechoso para propósitos del proyecto; La integración de dispositivos que usan ondas de RF para comunicar posición aparece como una opción interesante para continuar con las soluciones del proyecto. Sin embargo, no corresponde a toda la solución necesaria para el ejercicio de vigilancia.

Actualmente, se ofrecen distintas soluciones para realizar el seguimiento de objetivos, basados en diferentes herramientas de registro y determinación de la posición. La alternativa más sencilla y extendida es el seguimiento realizado por un operador. Aunque la operación de este tipo de sistemas puede considerarse económica, está sujeta a los errores de observación e interpretación de los operadores, un sistema automatizado, por el contrario, proporcionaría una lectura mucho más eficaz y un tiempo de localización considerablemente reducido.

El proyecto aparece, por tanto, y propone una solución que incluye la integración de varios conceptos con la finalidad de dar solución a muchas necesidades, especialmente en el campo de la vigilancia, tales como:

1. Etiquetas de rastreo temporales, discretas y económicas; que permiten adherirse a prácticamente cualquier dispositivo con el objetivo de localizarse con facilidad. Estas marcas cuentan con un emisor que permite comunicar constantemente su posición al sistema de rastreo para realizar un seguimiento, ubicación y disposición en un plano coordinado de referencia.
2. Dispositivo de seguimiento discreto y económico para realizar labores de localización, sin hacer uso de recursos excesivamente costosos y proporcionando las mismas herramientas que se podrían alcanzar por medio de los métodos convencionales.
3. Base que concentra la información del control del dispositivo y de los datos obtenidos a partir de la exploración.



Como este proyecto, hasta este momento se han analizado una gran cantidad de elementos similares, algunos de ellos como GPSs muy costosos, otros como búsqueda por cartografía que tomaría mucho tiempo y tiene baja aplicabilidad en procesos de rescate. La solución propuesta es llamativa porque combina dos sistemas diferentes como lo son un UAV (entendido como un monitor de etiquetas) y las etiquetas (objetivos que emiten radiación electromagnética para compartir la posición para dar una respuesta casi inmediata sobre la ubicación).

Tras haber definido una problemática, surge la duda: ¿Cómo darle solución? Y entonces la aplicación de toda la formación del ingeniero le ayuda a encontrar un camino por medio del cual se llega a la producción creativa y crítica de un diseño.

En este caso, para dar una luz de la solución, se consideran las limitaciones principales del espacio, la función y el costo. (emisión de una señal de posición, en un dispositivo discreto pero útil, que proporcione por medio de algún fenómeno electromagnético una señal que permita encontrar el objetivo asociado con la fuente de búsqueda.

La base de todo el sistema es: Un dispositivo que permita recibir radiofrecuencia y comunicarla por un medio remoto a una central de datos fija, mientras por medio de vuelos de referencia encuentra el origen de las señales. En cualquier ambiente que se desee extender la ubicación de una persona sólo a partir del etiquetado por medio del emisor de radiofrecuencia, se puede aplicar la solución:

1. Lugares llenos de multitudes donde se desea encontrar una señal en particular ayudado por un dron.
2. La búsqueda de un cargamento que atraviesa temporalmente por las instalaciones de una fábrica donde se le realiza un proceso.
3. Búsqueda de personas en sitios accidentados, tales como lugares de catástrofes aéreas.

En cualquier contexto los propósitos son prácticamente los mismos, **buena precisión** de ubicación y **discreción**. El objetivo general del proyecto es ofrecer, al final de curso, un dispositivo que proporcione información muy fiel de un objetivo fijo, que tiene asociada una etiqueta inalámbrica.

Para dar con el objetivo principal, se puede hacer uso de las herramientas conocidas por los diseñadores hasta el momento, tales como fenómenos de emisión electromagnética, teoría básica sobre resistencia de materiales; integrar la construcción de una etiqueta rastreadora que tenga como consigna principal **discreción** y **precisión**. Los diseñadores nos enfrentamos también al diseño de una plataforma que nos permita visualizar de manera compacta y clara la información obtenida de los objetivos y recopilados por el UAV; por último, es el punto más importante desarrollar los módulos que se deseen incluir en el dron,

debido a que determina el tamaño y el peso de la estructura, y por consiguiente, un dimensionamiento correcto para adquirir los motores y materiales de la estructura.

Se ha venido mencionando que uno de los detalles más importantes del geoposicionamiento satelital, es la intrusión. El segundo de los puntos de quiebre de la alternativa del GPS es que implementarlo en cada una de las manillas que proponemos rastrear, afecta significativamente el precio y por tanto propone que el GPS, aunque sea un medio de ubicación de los más precisos, si no es el más preciso, también es de los más intrusivos y sumamente costosos.

Cualquier vuelo de reconocimiento aéreo de la superficie terrestre entra para participar como la competencia. Con respecto a estos vuelos, la aplicación del dron vigilante es bastante más ventajosa debido al bajo costo de este tipo de dispositivos y debido a que sus costos de operación disminuyen considerablemente.

Finalmente, se debe realizar una reflexión sobre el dispositivo: Hasta el momento, no hay nadie que combine las dos alternativas para aplicarse a procesos de vigilancia y supervisión. Cualquier avance que se desarrolle, orientado a satisfacer las necesidades del taller, será efectivo para la producción de un dispositivo mejor, más apto y más funcional.

# 1. FUNDAMENTACIÓN Y MARCO TEÓRICO

## 1.1 ¿QUÉ ES UN DRON/UAV?

Un **UAV** (del inglés *Unmanned Aerial Vehicle*) es una aeronave que vuela sin tripulación, capaz de mantener de forma autónoma un vuelo controlado y sostenido, propulsado por un motor de *explosión* o *reacción*. Estos pueden operar con diversos grados de autonomía: Bien bajo control remoto (RC), o bien de forma autónoma intermitente o plena bajo una programación. Cuando estos tienen aplicaciones militares se les denomina **UCAVs** (por *Combat*).

A los UAVs también se les conoce como **drones** (del inglés *zángano*, *abejorro* o *zumbido*), por lo que llamaremos a estos dispositivos indistintamente de una u otra forma. Tradicionalmente solo llamaba así a algunas aeronaves radiocontroladas (R/C) destinadas al uso militar, este nombre se ha extendido a todas las aeronaves pilotadas de forma remota, tanto civiles como militares. Se les dio ese nombre debido al ruido característico que hacen cuando están en vuelo, y también a que con el desarrollo de nuevas aplicaciones son capaces de operar en lo que llaman *enjambres*.

Según Steve Gitlin de *Aerovironment, Inc*, el término se aplica a aquellos aviones radiocontrolados con poca o ninguna tecnología integrada, o capacidades sofisticadas avanzadas. Sin embargo, una aeronave pilotada por remotamente se considera técnicamente un dron cuando tiene un uso comercial o profesional. Si su uso tiene un fin exclusivamente deportivo o de recreo, se considera un *aeromodelo*, y se rige bajo la normativa de éstos.

## 1.2 HISTORIA DE LOS UAVs

El ejemplo más antiguo de UAV propiamente dicho fue desarrollado después de la primera guerra mundial. Luego fueron empleados durante la segunda guerra mundial para entrenar a los operarios de los cañones antiaéreos. Sin embargo, no es sino hasta poco más que finales del siglo XX cuando los UAV operan mediante radio control con todas las características de autonomía.

### 1.2.1 LOS GLOBOS AUSTRIACOS

Los datos más antiguos que se tiene sobre el uso de plataformas aéreas no tripuladas datan de 1849. El día 22 de Agosto de ese año, el ejército Austriaco uso

en una batalla contra la ciudad de Venecia globos cargados con explosivos, lanzados un barco Austriaco llamado *Vulcano*.

Aunque alguno de estos globos funcionó, dependían mucho del viento y muchos de ellos se desviaron grandes distancias, o incluso volaron de vuelta a los barcos de la armada austriaca. Los globos explotaban una vez estaban sobre la ciudad mediante un sistema que usaba una batería galvánica con un hilo de cobre aislado. Los explosivos caían verticalmente tras desinflarse el globo para luego explotar en el objetivo.

Aunque estos globos no concuerdan con la definición actual que se les da a los drones, el concepto si se ajusta al de *plataforma no tripulada que porta una carga útil*. En este caso, los explosivos.

### **1.2.2 PRIMERA GUERRA MUNDIAL**

Las primeras aeronaves no tripuladas fueron construidas durante y justo después de la primera guerra mundial. La primera, de nombre *Aerial Target*, data de 1916 y era controlada mediante radiofrecuencia AM (*Amplitud Modulada*) baja para afinar la puntería de la artillería antiaérea.

El desarrollo de los Drones fue de la mano del de los misiles como forma de guiar los explosivos hacia un objetivo mediante su seguimiento. Si se hubiese llegado a desarrollar más, hubiese tenido como objetivo abatir Zepelines.

Justo después, el *Hewitt-Sperry Automatic Airplane*, conocido como *la bomba volante*, realizó su primer vuelo de demostración. En este ya era apreciable el concepto de UAV. La intención inicial era usarlo como *torpedos aéreos* y se considera una versión temprana de los actuales misiles de crucero. El control se conseguía mediante giróscopos desarrollados por Elmer Sperry de la *Sperry Gyroscope Company*.

En 1917, realizó su primer vuelo de demostración el *Automatic Airplane* ante altos cargos del ejército estadounidense. El resultado fue la fabricación del *Kettering Bug* bajo el concepto de torpedo volante. Aunque esta tecnología fue desarrollada con éxito la guerra terminó antes de que pudiera fabricarse en serie y desplegarse.

### **1.3 RADIOFRECUENCIA.**

Para el desarrollo del proyecto usaremos la radiofrecuencia de dos modos: Para transmisión de datos a través de telecomunicación, y para la detección de una

señal de radio que el dispositivo debe seguir. Por este motivo, es necesario conocer el principio de funcionamiento para ambos.

### **1.3.1 TELECOMUNICACIÓN POR TRANSCEPTOR**

Básicamente, los transceptores de radio son aparatos compuestos por un transmisor y un receptor a la vez. El transmisor y el receptor comparten circuitos comunes, como: La fuente de alimentación, el oscilador de portadora, la frecuencia intermedia, algunas acciones y una única carcasa.

Si no compartieran el transmisor, el receptor; circuitos y carcasa, no podríamos llamar a estos equipos transceptores, sino simplemente transmisores y receptores de forma separada. El término de transceptor fue acuñado a principios de la década de 1920.

En esta aplicación, usaremos transceptores para transmitir las señales de control del UAV, y recibir la información de los sensores, de forma que se puedan manejar estos datos desde el computador.

### **1.4 SENSORES ELECTROQUÍMICOS.**

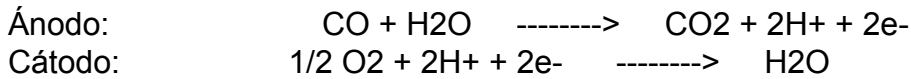
Un sensor (o transductor) es, de forma general, un dispositivo que recibe o responde a una señal (estímulo). Un sensor electroquímico es un sensor que responde a cambios específicos en el potencial o la corriente eléctrica a consecuencia de la presencia de una especie química que interactúa con él.

Estos convierten la actividad de un ión específico disuelto en una solución en un potencial eléctrico medible, su parte sensora por lo general es una membrana específica para el ión, junto con un electrodo de referencia.

Para gases como el CO, SO<sub>2</sub> o los NO<sub>x</sub> (productos generados por la combustión), se usan sensores de tres electrodos. Explicamos su funcionamiento limitándonos a los sensores de CO, para los otros componentes podemos extrapolar a partir de las ecuaciones de reacción:

Las moléculas de monóxido de carbono (CO) pasan, a través de la membrana permeable al gas, al electrodo de trabajo donde se forman iones H<sup>+</sup> como consecuencia de una reacción química. Estos migran en el campo eléctrico al contraelectrodo, donde se genera un flujo de corriente en el circuito externo mediante otra reacción química desencadenada por el oxígeno (O<sub>2</sub>) del aire puro, también aportado. El tercer electrodo (electrodo de referencia) sirve para estabilizar la señal del sensor. La duración operativa de este tipo de sensor es de aproximadamente unos 2 años.

#### 1.4.1 Ecuaciones de reacción para el CO



#### 1.4.2 Otras ecuaciones de reacción:

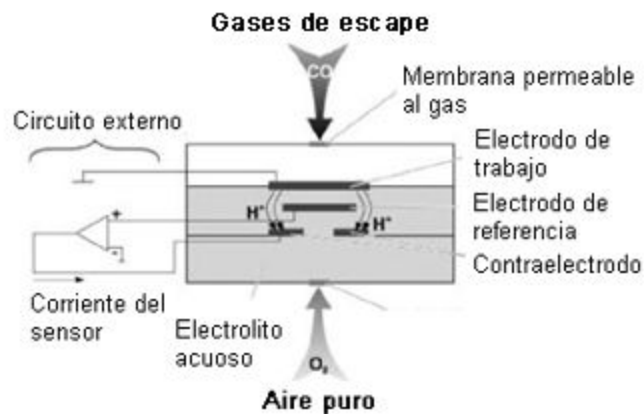
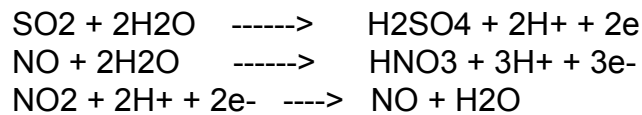


Figura 1. Ejemplo de sensor electroquímico para CO.

### 1.5 TECNOLOGÍA GPS

El **GPS** (del inglés *Global Positioning System*) es un sistema de radionavegación desarrollado, instalado y empleado por el departamento de defensa de los Estados Unidos. Permite posicionar globalmente objetos (como personas o vehículos) de forma fiable (precisión de unos pocos metros). Satisface también requerimientos de navegación y cronometría, todo de forma gratuita e ininterrumpida para usuarios civiles en todo el mundo.

Todo aquel que cuente con un receptor GPS, podrá recibir localización y hora exacta en cualquier condición atmosférica, tiempo y ubicación, sin límite de usuarios simultáneos. Para cumplir su propósito, el sistema se sirve de 24 satélites y la técnica de *trilateración*.

Cuando se desea conocer una posición, el receptor localiza al menos 3 satélites de la red, de los que recibe señales indicando identificación y hora reloj, con base en esto, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y mide la distancia al satélite de forma inversa. Con todas las distancias, se determina la posición del objeto respecto a los satélites,

conociendo las coordenadas de cada uno dada su señal, obtenemos la posición absoluta (coordenadas reales) del punto de medición. Además, conseguimos una exactitud extrema en el reloj del GPS.

para este proyecto usaremos un receptor de GPS con comunicación para arduino, que nos permita saber la ubicación del dron que puede ser muy útil si se requiere ubicar el dron en un lugar exacto o si se desea caracterizar un lugar exacto previamente marcado por el dron.

## **1.6 MOTORES ELÉCTRICOS BRUSHLESS**

Un motor *brushless* es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor. Antiguamente los motores eléctricos tenían un colector de *delgas* o un par de anillos rozantes. Estos sistemas producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor con un polvo que, además, puede ser conductor.

Los primeros motores brushless eran asíncronos en AC (corriente alterna). Gracias a la electrónica, actualmente se muestran muy ventajosos, pues son más baratos de fabricar, pesan menos y requieren menos mantenimiento. Estas ventajas se diluían parcialmente pues su control era mucho más complejo, pero esta complejidad se ha eliminado prácticamente gracias a los controles electrónicos.

Estos motores CA se pueden usar en aplicaciones CC (corriente continua) con un rendimiento mucho mayor que un motor CC con escobillas. Algunas aplicaciones son carritos y aviones RC, que funcionan con pilas.

### **1.6.1 COMPONENTES**

Los motores brushless están compuestos por una parte móvil que es el rotor, que es donde se encuentran los imanes permanentes, y una parte fija, denominada estator o carcasa, sobre la cual van dispuestos los bobinados de hilo conductor.

### **1.6.2 FUNCIONAMIENTO**

En este tipo de motor, la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por que no son necesarias ni las escobillas ni el colector que se utilizan en los *brushed* (motores tradicionales con escobillas). Esta corriente eléctrica genera un campo electromagnético que interacciona con el campo magnético creado por los imanes permanentes del rotor, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar el rotor y con él, el eje del motor.

Como no tenemos escobillas, colector ni delgas, el elemento que controlará que el rotor gire sea cual sea su posición será el variador electrónico. Lo que este hace básicamente es ver en qué posición se encuentra el rotor en cada momento, para hacer que la corriente que le llegue sea la adecuada para provocar el movimiento de rotación que le corresponde.

El variador es capaz de hacer esto, gracias a unos sensores en el motor, o también mediante la respuesta obtenida (observación) de cómo se comporta la corriente del motor. Por este motivo, los variadores empleados en este tipo de motores son algo más complicados que los utilizados para motores brushed, pues deben analizar la respuesta y los datos de funcionamiento del motor según están teniendo lugar, es decir, en tiempo real.

### 1.6.3 FACTOR kV

En los motores brushless, hay un parámetro importante a considerar, el *factor kV*. Este aparece usualmente junto al número de vueltas de bobinado del motor, e indica el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica.

Usaremos motores brushless en nuestro proyecto puesto que son motores con gran facilidad para el control de velocidad, lo cual es muy conveniente pues permite controlar que los motores giren con la misma velocidad sin causar diferencias en la potencia transmitida a las hélices.

## 1.7 CONTROLADORES.

Un controlador, como su nombre lo indica realiza una acción de control, en este proyecto usaremos varios controladores, pero como principal controlador usaremos un microcontrolador (ARDUINO) que nos ayudará a procesar las señales de entrada y de salida totales para controlar el funcionamiento del dron.

### 1.7.1 ARDUINO

**ARDUINO** es una plataforma libre de computación de bajo coste basada en una placa de entrada-salida y en un entorno de desarrollo *IDE (Integrated Development Environment)* que implementa el lenguaje Processing/Wiring Hardware. Consta de una placa y un microcontrolador. El microcontrolador consta de:

1. Aref- Pin de referencia analógica
2. GND- Señal de tierra digital



3. Pines digitales 2-13. Entrada y salida
4. Pines digitales 0-1 / entrada y salida del puerto serie: TX/RX
5. Botón de reset- Pulsador
6. Pines de entrada analógica 0-5
7. Pines de alimentación y tierra
8. Entrada de la fuente de alimentación externa (9-12V DC) X1
9. Puerto USB

### **1.7.2 ELECTRONIC SPEED CONTROLLER (ESC)**

Un **ESC** es un circuito electrónico que tiene por propósito variar la velocidad de un motor eléctrico, su dirección y posiblemente actuar como freno dinámico. Se utilizan frecuentemente en modelos a radio control de potencia eléctrica.

Los sistemas con motores brushed son muy poco eficientes y han caído en desuso, además que no se pueden conectar directamente a la batería sino que requieren de un circuito electrónico que los maneje: el variador ESC. Se obtienen potencias mucho mayores usando motores Brushless que cuentan con un bobinado semejante al de los motores industriales trifásicos mientras se aplica bastante más frecuencia.

## 2. DEFINICIÓN DE LA NECESIDAD

Casi desde su existencia, los hombres han tenido la inclinación por controlar su ubicación y la forma como se desplazan mientras realizan otras tareas. A menudo, la ausente preocupación por su desplazamiento los lleva a desconocer por completo el camino de regreso a una posición conocida determinada.

Con el paso del tiempo, la necesidad ha llevado a la búsqueda de soluciones para esta posición tan incómoda, algunas de ellas menos tecnificadas que otras. Cartografía y posicionamiento satelital son algunas de ellas, y a partir de ellas se han desarrollado una gran cantidad de herramientas para proporcionar información desconocida sobre la ubicación propia o ajena, de otra persona o algún objeto.

Actualmente la aplicación de drones se ha extendido ampliamente para ofrecer soluciones en distintos campos, especialmente por las ventajas que supone su aplicación, algunas de ellas son:

1. Disponer de la facilidad de desplazar un observador en un espacio comparablemente menor que el de cualquier vehículo aéreo tripulado.
2. Los costos de operación.
3. El ahorro de tiempo.

Otras herramientas, de forma reciente, se han integrado a estos vehículos como una forma de desarrollo. Desde dispositivos sencillos como cámaras para supervisión, hasta herramientas compuestas como sistemas neumáticos para realizar tareas aprovechando la presión del aire.

Entre algunas tareas que se han asignado a los drones desde su concepción, está la *vigilancia*, ya que su gran versatilidad permite aplicarlos en muchos espacios. Uno de los recursos más importantes que posee un UAV vigilante es su medio de visualización, generalmente una cámara; Pero además, a los drones se les puede asociar cualquier otro sensor que permita realizar una tarea de supervisión igualmente efectiva, tal como la detección de sustancias, radiación o ruido.

De esa forma, un sistema oportuno de localización de personas desaparecidas a través de distintivos individualizables, con capacidad de detectar y localizar siniestros como los incendios y dar alerta temprana para asegurar una pronta respuesta que sea más económico que las alternativas presentadas por la competencia y más eficiente que las alternativas tradicionales de respuesta se hace muy deseable para entidades que traten con grupos de personas en espacios de gran tamaño expuestos a riesgos, si no necesario y conveniente.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO**

Diseñar e implementar un prototipo UAV operativo con funciones de vigilancia capaz de identificar, localizar y alcanzar autónomamente etiquetas de radiofrecuencia en espacios abiertos, detectar altas concentraciones de monóxido de carbono (CO, inquemados de combustión) y permitir control a distancia desde una estación remota, usando criterios económicos y de funcionalidad.

#### **3.1 SUBPROBLEMAS DE DISEÑO**

**3.1.** Selección de hardware: como primera instancia escogeremos como controlador principal un sistema ARDUINO y en base a esto escogeremos transceptor, sensores de radio y de CO, giroscopios y demás elementos necesarios para que el UAV cumpla con las especificaciones.

**3.2** Selección de motores, hélices y batería: Basados en un peso aproximado escogeremos juegos de motores y hélices adecuados para levantar este peso, además, en base a estos motores escogeremos una batería que nos de el tiempo de vuelo necesario, debido a que la batería influye también en el peso del dron haremos una selección de juego bateria-motor-hélice que cumpla con levantar el peso aproximado del resto de la estructura.

Como tentativo en la selección escogimos un sistema de: LiPo 5,2Ah 11.7V y motores de KV (RPM/V): 920 agrupado con hélices, en disposición de cuadricóptero, que según la investigación previa realizada pueden operar una carga de 1.4Kg sin problemas.

**3.3** Diseño de la estructura total del dron: Es necesario diseñar los soportes para controlador, brazos y soportes de motores y hélices. Con miras de alcanzar la meta de que la estructura final del dron sea funcional.

**3.4** Control de motores: Es necesario acoplar un driver pues se piensa usar motores BLDC (brushless DC) y controlarlo con un ARDUINO. Además se debe desarrollar el programa que controle la velocidad de estos y seleccionar las hélices.

**3.5** Programación: debido a que estamos usando una plataforma para programar las funcionalidades del dron pero la programación viene estando de parte nuestra, es necesario a través de la programación del ARDUINO y también de la programación del sistema que recibirá los datos a través del computador.

El desarrollo y elaboración de los comandos para cambios necesarios para el vuelo se hacen variando la velocidad de los motores así varía la cantidad de empuje generado por las hélices además del control de los sensores que

escogimos, luego hacer una transmisión de todos estos datos tanto de ida como de regreso al computador, todo esto en la base del controlador ARDUINO.

En primera instancia se prevé usar un control de Xbox para controlar el sistema de UAV como control de vuelo, y luego un control más avanzado bajo la plataforma MATLAB mediante tratamiento de las señales de los sensores usados.

## **4. ESTUDIO PRELIMINAR DE FACTIBILIDAD**

Se presentará a continuación un estudio de prefactibilidad del proyecto, en el que a grandes rasgos se analizarán las diferentes viabilidades, como la técnica, financiera, organizacional, social y ambiental.

### **4.1 PERFIL DEL PROYECTO**

El proyecto se basa en el uso de una plataforma UAV haciendo una funcionalidad de vigilancia donde su tarea será brindar un método fácil para llegar a la información, se plantea que el dron perciba incendios gracias a diferencias en la concentración de CO<sub>2</sub>, además de esto contará con un sensor direccional de radio que podrá perseguir una señal emitida por un objeto que se desea buscar.

### **4.2 ANÁLISIS DEL MERCADO**

hoy en día la plataforma UAV es usada en muchos campos y la detección de incendios se ha convertido en un campo emergente debido a que un dron puede detectar un fuego en un lugar muy remoto tanto como analizar de forma rápida grandes cantidades de tierras. Este sistema estaría orientado a organizaciones gubernamentales de guardabosques, es importante resaltar que esta es una solución tecnológica que ayuda a ahorrar grandes cantidades de dinero en operaciones peligrosas de extinción de incendios forestales, evitando que estos se vuelvan incontrolables, además de ser una solución rápida para implementar.

### **4.3 ESTUDIO DE IMPACTO SOCIAL**

Es importante saber que el actual crecimiento de las ciudades hace que las reservas forestales se encuentren muy cerca de los hogares de las personas, poniendo en riesgo, no solo la integridad de las propiedades sino la integridad de las personas que pueden incluso fallecer debido al carácter repentino de los incendios.

Está también bajo consideración la integridad del personal de guardabosques que acarrean la dura tarea de mitigar el fuego y limitar el alcance del incendio. Si se puede evitar arriesgar capital humano, se puede extralimitar el valor de la solución afirmando que es una necesaria y una muestra de que la tecnología evoluciona para servir a los seres humanos.

### **4.4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Aunque aún existen dudas y debates, acerca de que si los drones pueden afectar el comportamiento de las aves, en general el impacto medioambiental de un dron es casi nulo porque no genera ninguna modificación de su entorno. Además, el uso de baterías eléctricas, que podría considerarse la mejor opción, hace que su huella de carbono sea mínima o nula dependiendo la proveniencia de la electricidad

## 5. PRESUPUESTO INICIAL ESTIMADO

Tabla 1. Presupuesto inicial estimado para la realización del proyecto.

Elemento	Descripción	Cantidad	Precio (COP)	Fuente
Motor Brushless + Helice x2	Conjunto de motor diseñado con alta calidad y para maximizar su uso y eficiencia en multi rotores, para uso suave y menos ruido. Fácil de instalar gracias a sus convenientes accesorios. Cuenta con hélices en CW/CCW	2	125,000	<a href="http://tdrobotica.co/comb-o-motores-2212-y-helices-94x43-cwccw/552.html?search_query=dron&amp;results=27">http://tdrobotica.co/comb-o-motores-2212-y-helices-94x43-cwccw/552.html?search_query=dron&amp;results=27</a>
Batería	Paquete de 3 celdas 11.1V,5200 mAh de carga,10C velocidad de descarga continua,Peso: 325g	1	191,000	<a href="http://tdrobotica.co/bateria-lipo-5200-mah-111v/413.html?">http://tdrobotica.co/bateria-lipo-5200-mah-111v/413.html?</a>
Controlador o variador Velocidad (ESC)	Corriente constante: 30A,Voltaje de entrada: 2-4 células LiPoly,Peso: 32g,Control de aceleración suave y lineal,Soporte 480Hz + altas tasas de actualización (hasta 499hz)	4	48,000	<a href="http://tdrobotica.co/esc-30a-turnigy-multistar-con-blheli-opto-mini-/581.html">http://tdrobotica.co/esc-30a-turnigy-multistar-con-blheli-opto-mini-/581.html</a>
Cargador Batería	Baterías de 2 y 3 celdas de LiPo,Voltaje de entrada: 12- 15V	1	35,000	<a href="http://tdrobotica.co/cargador-lipo-2-y-3-celdas/297.html">http://tdrobotica.co/cargador-lipo-2-y-3-celdas/297.html</a>
Carrete de Filamento	Abs 3d De 1,75 Mm 1 Kg Blanco	1	111,500	<a href="http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-435204987-carrete-de-filamento-abs-3d-de-175-mm-1-kg-blanco-_JM">http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-435204987-carrete-de-filamento-abs-3d-de-175-mm-1-kg-blanco-_JM</a>
Módulo de radiofrecuencia	Rf Transceptor Nrf24l01,1 kilometro alcance con línea de visión a 250kbps, Fuente	2	21,000	<a href="http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-433070383-modulo-rf-transceptor-nrf24l01-alcance-1000m-arduino-pic-_JM">http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-433070383-modulo-rf-transceptor-nrf24l01-alcance-1000m-arduino-pic-_JM</a>

	de alimentación: 1.9;3.3 voltios.			
Cámara de vuelo dron:	Este kit es una muy buena combinación para que tener un sistema FPV completo. Una gran combinación entre las Gafas Quantum y el sistema de transmisión SkyZone.	1	520,000	<a href="https://www.amazon.com/FREDI-Portable-Handheld-Recorder-Detecting/dp/B01FA8SLV6/ref=sr_1_2?s=photo&amp;ie=UTF8&amp;qid=1485924206&amp;sr=1-2&amp;keywords=small+camera">https://www.amazon.com/FREDI-Portable-Handheld-Recorder-Detecting/dp/B01FA8SLV6/ref=sr_1_2?s=photo&amp;ie=UTF8&amp;qid=1485924206&amp;sr=1-2&amp;keywords=small+camera</a>
estructura del dron aproximada	en este punto hacemos un estimado de lo que planeamos gastar en la impresión del dron y teniendo en cuenta que aprovecharemos el uso de las impresoras de la universidad	indeterminado	300,000	
Costos adicionales	Cables, Reguladores, Conversores, módulos extra arduino.	indeterminado	300,000	
Imprevistos	Transporte, reparaciones, Cambio de elementos, Soldadura, cambios de precios.	indeterminado	400,000	
TOTAL			2,341,500	



## **6. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE**

1. Tiempo de autonomía de aproximadamente media hora, debido a que las aplicaciones para las cuales se propone lo requieren.
2. Tamaño discreto y compacto favoreciendo la aerodinámica, ya que unas dimensiones más conservadoras aseguran una maniobrabilidad más estable y compacta.
3. Detector direccional de emisor de radio, para realizar labores de supervisión, posicionamiento y búsqueda de objetivos móviles.
4. Sobrevuelo de multitudes, conservando una altura prudente como precaución de seguridad, sin embargo, conservando la utilidad del dispositivo.
5. Comunicación con unidades de supervisión remotas, incluyendo la transmisión de señales de control y señales relacionadas con los propósitos principales del vehículo.
6. Control remoto de gran alcance para orientar a voluntad el dispositivo, con objeto de realizar distintas tareas de vigilancia asociadas.
7. Sistema de posicionamiento para registrar y comunicar en un sistema de referencia coordinado la posición de los objetivos, y del mismo vehículo.
8. Peso moderado bajo con el propósito de evitar consumo innecesario de energía, conservando al máximo la energía disponible en las fuentes de energía eléctrica a bordo.
9. Diseño modular para una optimización en la construcción, transporte y mantenimiento del vehículo.
10. Manejo intuitivo para una capacitación breve en su manejo, asumiendo que el dron puede ser comercializado sin carácter preferencial, estando al servicio de personal capacitado, pero no calificado.
11. Disponer de un medio para visualización aérea, teniendo en cuenta que los propósitos de vigilancia incluyen vistas desde gran altura.
12. Protección anti choques para establecer una zona segura para el giro de las hélices, además de la seguridad del mismo vehículo; extendiendo su vida útil y garantizando un producto confiable.
13. Ofrecer herramientas de visualización para vuelos nocturnos, la inclusión de estas herramientas se hace necesaria para circulación en casos en los cuales el dispositivo puede confundirse en la oscuridad.
14. Montaje hermético que aisle el ensamblaje eléctrico contra cortocircuitos por condiciones ambientales o circunstanciales.
15. Indicador y/o detector de bajo voltaje en la batería.

16. Disponibilidad de componentes individuales en el mercado del país en que se use, que puedan reemplazarse por otras referencias en caso tal.

## 7. ESTUDIO DE LA COMPETENCIA (BENCHMARKING)

Existen el mercado referencias de drones comerciales desarrolladas por empresas especializadas, casi exclusivamente para el mercado recreativo (*hobbies* y *juguetes*) y de grabación aérea (esta tiene gran acogida gracias a las panorámicas elevadas que genera, y cuya realización de forma tradicional presenta costes muy elevados). Una de las marcas de más importancia y trayectoria es PARROT, de cuya oferta presentaremos ejemplos comentados.

PARROT tiene la convicción y la idea de negocio de vender hardware para software libre. De esa forma se puede comprar un UAV ya construido y programarlo después a voluntad. Naturalmente, el proceso de montarle más hardware a un UAV existente se convierte en un nuevo problema de diseño, para conocer qué tipo de productos circulan comercialmente veremos un ejemplo en el campo de los drones recreativos:

1. PARROT MAMBO: Modelo de mini-dron recreativo especializado en combates aéreos (al estilo de robot smackdown), de diseño extremadamente robusto y gran estabilidad. Se puede equipar con un lanzador de bolas (cannon) o con una pinza (grabber).



Figura 2. PARROT MAMBO.

También hay empresas que comercializan drones y productos comerciales para las aplicaciones nombradas en la propuesta de proyecto. Precisamente escogimos PARROT porque tiene productos que abarcan la mayoría de estas. A continuación mostramos algunos ejemplos:

2. PARROT BEBOP 2 REAL STATE ADVANCED EDITION: Modelo de dron especializado en levantamiento de modelos 3D para inmuebles. Está asociado al software de cartografía digital Pix4Dmodel, permite realizar y de forma ágil el modelo 3D de una propiedad y exportarlo directamente a una página WEB o a un archivo de proyecto para prototipado rápido IMPRESIÓN 3D. Está equipado con una cámara HD ultraliviana con interfaz sencilla diseñada para teléfonos inteligentes (*smartphones*), los modelos 3D son levantados a partir de fotos tomadas por el UAV.



Figura 3. PARROT BEBOP 2 REAL ESTATE ADVANCED EDITION

3. PARROT S.L.A.M.dunk: Kit de programación integrado todo en uno (*all in one*) especializado en acelerar el desarrollo de aplicaciones de navegación para drones y robots. Este incluye sensores electrónicos y algoritmos diseñados para trabajar sobre drones y plataformas robóticas, los sensores permiten obtener datos sin tiempo de latencia, sincronizados mediante APIs intuitivas.



Figura 4. PARROT S.L.A.M.dunk.

4. PARROT SEQUOIA: Sensor multispectral de bajo costo especializado en agricultura de precisión con adaptabilidad. Diseñado para funcionar en cualquier dron, analiza medidas vitales para las plantas como la cantidad de luz que absorben y reflejan.



Figura 5. PARROT SEQUOIA.

Terminamos el análisis de mercado con otro producto recreativo en la modalidad de equipos recreativos desmontables (al estilo LEGO):

5. Kit desarmable de dron: Dron de construcción estándar, permite adquirir los elementos necesarios para construir un UAV de diseño simple separados en piezas y realizar autónomamente el proceso de ensamblaje previo a su operación.



Figura 6. Kit desarmable para UAVs recreativos.

Notamos que hay en existencia modelos UAV diseñados para rastreo o para contención de accidentes, pero estos están disponibles, con tecnologías acopladas de alto costo, previa adaptación de modelos comerciales por parte de las mismas entidades que hacen uso de ellos.

## 8. ESTADO DE LA TÉCNICA.

En la universidad politécnica de Madrid (España) se desarrolló un método de detección automática de incendios forestales mediante un índice de color. Se trata de un algoritmo que distingue la tonalidad de las llamas y el humo, lo que le permite usar un UAV para vigilar las áreas afectadas.



Figura 7. Sistema algorítmico de detección de catástrofes.

El sistema se fundamenta en el análisis y procesamiento digital de imágenes y prevé ser aplicado para diferentes fenómenos que afectan el medio ambiente: Como la deforestación, el fuego y las inundaciones. En el caso de la deforestación, propusieron sistemas de algoritmos de gran precisión con baja carga computacional que permiten la detección de fuego y humo generados por un incendio, así como características fundamentales del mismo como su área y la dirección del viento, lo que permite abordar el problema en tiempo real para hacer monitorización continua.

El sistema permite detectar el siniestro bajo cualquier perspectiva, incluida la de planta, tanto como detectarlo en sus procesos iniciales de combustión o en escenarios no forestales. El equipo investigador ha hecho pruebas con modelos UAV.

## 9. VALORES OBJETIVO DE ESPECIFICACIONES DE INGENIERÍA

Basados en los requerimientos del cliente y en los datos obtenidos de observar el estado del arte y los drones del mercado encontramos que:

Tabla 2. Especificaciones técnicas, sus valores, tipo y valor de dificultad.

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dificultad</b>
Mínimo peso posible	1kg	Objetivo	10
Autonomía de vuelo	45 min	Objetivo	7
Coeficiente Aerodinámico	>0.40	Requisito	10
Envío de señal por radiofrecuencia	3 KHz - 300 GHz.	Requisito	1
Sobrevuelo de multitudes	50-150m	Requisito	2
Detección voltajes bajos	<5 V	Mínimo	2
Distancia de teleoperación	750m	Máximo	1
Comandos de comunicación(Número de canales)	4	Minimo	8
Frecuencia de emisión tipo satelital	1575,42-1227,6 MHz	Requisito	1
Diseño modular y de fácil cambio de partes dañadas	N/A	Objetivo	5
Resolución a alturas entre de 50-150m	480TVL	Requisito	1
Código Protección IK	0.35 J (IK03)	Objetivo	7
Ofrecer herramientas de visualización para vuelos nocturnos(longitud de onda)	3-15 um	Objetivo	1



Grado de protección NEMA	2 o 3	Objetivo	10
Número de actuadores	4	Objetivo	2
Detección de CO <sub>2</sub>	20000 ppm	Requisito	3

## 10. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL QFD

El despliegue de la QFD implicó la ponderación de los requerimientos del cliente establecidos en el numeral 6 según su influencia en el proyecto. Posteriormente dar valor a la relación entre requerimientos y especificaciones de ingeniería con sus valores posibles de 0,1,3,9.

Tabla 3. Especificaciones del proyecto y sus respectivos pesos.

<b>Especificación</b>	<b>Peso total</b>	<b>Peso Relativo [%]</b>
Mínimo peso posible	306.5	6
Autonomía de vuelo	400	7.9
Coeficiente Aerodinámico	474.2	9.3
Envío de señal por radiofrecuencia	267.7	5.3
Sobrevuelo de multitudes	403.2	7.9
Detección voltajes bajos	375.8	7.4
Distancia de teleoperación	398.4	7.8
Comandos de comunicación(Número de canales)	325.8	6.4
Frecuencia de emisión tipo satelital	233.9	4.6
Diseño modular y de fácil cambio de partes dañadas	459.7	9
Resolución a alturas entre de 50-150m	390.3	7.7
Código Protección IK	262.9	5.2
Ofrecer herramientas de visualización para vuelos nocturnos(longitud de onda)	254.8	5.0
Grado de protección NEMA	271.0	5.3
Número de Actuadores	266.1	5.2
Detección de humo	193.5	3.7

De la tabla 4 se deducen las especificaciones de ingeniería de mayor importancia en el proyecto siendo las 3 primeras el Coeficiente aerodinámico, El diseño modular y la capacidad de sobrevuelo en multitudes. En caso de contradicciones o discrepancias entre estas 3 se priorizará el diseño modular, y cuando sean de otro tipo se sacrificarán variables en mantener la integridad de estas especificaciones.

## **11. APLICACIÓN MÉTODO TRIZ**

### **11.1 ENTORNO DE OPERACIÓN**

El dron operará en un espacio aéreo comprendido a la altura de 50 y 150 metros, definido por normas de AeroCivil, que establecen que la altura máxima para operación es de 500 [ft] (aproximadamente 152 [m]) sobre el nivel del suelo o el agua, y una distancia máxima del operador de 750 [m].

### **11.2 PARÁMETROS**

Corresponden a las especificaciones del numeral 9.

### **11.3 FUNCIÓN POSITIVA PRINCIPAL**

El dron vigilante permitirá realizar trabajos de supervisión y localización de objetivos que se encuentran ocultos a simple vista, ya sea porque las condiciones de la búsqueda lo impiden (entre una multitud, o durante la noche); o porque realmente están ocultos (como en el caso de un siniestro de avión).

### **11.4 EFECTOS NEGATIVOS**

1. Generar gasto energético en forma de electricidad.
2. Necesidad de licencia para su uso posterior cuando esté en el mercado.
3. Riesgo aéreo para las personas.
4. Empleo inadecuado o inmoral por parte de los usuarios.
5. Perturbación de los hábitos de las especies.

### **11.5 CONDICIÓN DE IDEALIDAD**

El dispositivo debe estar en la capacidad de realizar la búsqueda en tiempos óptimos, además de proporcionar información relevante únicamente a la búsqueda que se desea realizar, teniendo en cuenta que el espectro de emisión de cada una de las etiquetas es diferente. Además, el dispositivo se mueve con agilidad y destreza por cualquier espacio aéreo, buscando siempre con la mayor efectividad el objetivo que tenga asignado. Los sistemas de control y la forma en que la energía se usa con mesura en la alimentación de tarjetas de adquisición permiten un tiempo de autonomía mayor a 30 min, las comunicaciones pueden seguir establecidas a más de 750m

## **11.6 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA EN TÉRMINOS DE CONTRADICCIONES**

1. Existe un problema de compromiso entre la precisión de los instrumentos de interpretación de señales y el tamaño del dispositivo.
2. Existe un problema de compromiso entre la calidad de la señal inalámbrica y su alcance.
3. Existe un problema de compromiso entre Peso del dron y Consumo energético.
4. Existe un problema de compromiso entre el sensado de CO<sub>2</sub> y su alcance de detección.
5. Existe un problema de compromiso entre el alcance del UAV y el tiempo máximo de vuelo.
6. Existe un problema de compromiso entre la cantidad de señales de datos y control, y la simplicidad de la interfaz del sistema.
7. Existe un problema de compromiso entre la cantidad de entradas de los dispositivos de control y el número de señales a transmitir.
8. Existe un problema de compromiso entre el peso del dron y la robustez de su sistema de control.
9. Existe un problema de compromiso entre la geometría del esqueleto principal del dron, y su manufacturabilidad.
10. Existe un problema de compromiso entre la cantidad de herramientas a bordo y la facilidad de reparación.
11. Existe un problema de compromiso entre la estabilidad del sistema de control y el tiempo de asentamiento.

## **11.7 IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPIOS DE INGENIERÍA EN CONFLICTO**

1. Precisión de la medida vs volumen de objeto móvil
2. Precisión de la medida vs largo de un estacionario.
3. Peso de objeto móvil vs pérdida de energía.
4. Precisión de la medida vs largo de un estacionario.
5. Largo de un estacionario vs pérdida de tiempo.
6. Versatilidad vs complejidad de dispositivo.
7. Versatilidad vs complejidad de dispositivo.
8. Peso de objeto móvil vs confiabilidad.
9. Forma vs facilidad de manufactura.
10. Complejidad del dispositivo vs facilidad de reparación.
11. Confiabilidad vs estabilidad del objeto.

## **11.8 PRINCIPIOS DE SOLUCIÓN**

1. Se propone usar el principio de universal
2. Se propone usar el principio de calidad local.
3. Se propone usar el principio de universalidad.
4. Se propone usar el principio del intermediario.
5. Se propone el principio de Curvatura.
6. Se propone el principio de Dinámicas.
7. Se propone el principio de Dinámicas.
8. Se propone el principio de segmentación.
9. Se propone el principio de segmentación.
10. Se propone el principio de sustitución mecánica.
11. No hay principio ofrecido por TRIZ.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Después de este proceso inicial de trabajo concluimos que:

1. El proyecto tiene buenos prospectos de rentabilidad y factibilidad. No hay, en las perspectivas legal, ambiental, social, ni en la técnica, consideraciones mayores excepto las mencionadas en cuanto al comportamiento de las aves.

De todas formas, el beneficio generado por la implementación del proyecto supera en demasía al posible contra, además de que no hay claridad científica de que sea un problema real.

2. La mayoría de conceptos comerciales existentes consisten en modelos recreativos o comerciales en actividades que no corresponden con la propuesta en el proyecto.
3. Las especificaciones de ingeniería más importantes para el proyecto son el peso del prototipo, su comportamiento aerodinámico y su capacidad de ser sujeto de control.
4. Existen contradicciones subsanables (una de ellas no presenta soluciones estándar) entre especificaciones dictadas por el proyecto, encontradas por medio del método TRIZ. Estas se han de resolver vía optimización de las variables (especialmente aquellas relacionadas al consumo de energía).

## REFERENCIAS

- [1]. <http://mundrone.blogspot.com.co/2014/06/que-diferencia-hay-entre-los-terminos.html>
- [2]. <http://mundrone.blogspot.com.co/p/historia-de-los-drones.html>
- [3]. <http://www.gps.gov/spanish.php>
- [4]. [http://microelectrochemalexbaeza.com/wp-content/uploads/2015/04/Articulo\\_Sensores\\_y\\_Biosensores\\_2085.pdf](http://microelectrochemalexbaeza.com/wp-content/uploads/2015/04/Articulo_Sensores_y_Biosensores_2085.pdf)
- [5]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2883720/>
- [6]. <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2013/11/motores-brushless.pdf>
- [7]. [http://www.e-radiocontrol.com.ar/?Motores\\_Brushless](http://www.e-radiocontrol.com.ar/?Motores_Brushless)
- [8]. Rinaldo, Paul R. (1995). *Guía internacional del radioaficionado*. Barcelona: Marcombo SA.
- [9]. [http://www.cscjprofes.com/wp-content/uploads/2014/02/teoria\\_arduino2009.pdf](http://www.cscjprofes.com/wp-content/uploads/2014/02/teoria_arduino2009.pdf)
- [10]. <http://dernegocios.uexternado.edu.co/comercio-electronico/requisitos-generales-de-aeronavegabilidad-y-operaciones-para-operaciones-para-rpas/>
- [11]. <http://www.stefanv.com/electronics/escprimer.html>
- [12]. <http://www.rcmodelswiz.co.uk/rc-guides/electric-rc-models-guide/electronic-speed-controllers-esc/>
- [13]. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [14]. <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Un-sistema-para-detectar-el-fuego-forestal-mejora-la-vigilancia-con-drones>



## **ANEXOS**

[1]. Despliegue de la función de calidad (QFD). Proyecto: Diseño y construcción de prototipo UAV para la vigilancia de personas.